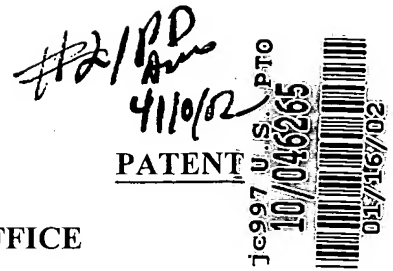


Docket No.: 56937-044



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re Application of :
Masahiro ONO, et al. :
Serial No.: : Group Art Unit:
Filed: January 16, 2002 : Examiner:
For: PHOTO-SEMICONDUCTOR MODULE AND METHOD FOR MANUFACTURING
THE SAME

**CLAIM OF PRIORITY AND
TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT**

Commissioner for Patents
Washington, DC 20231

Sir:


In accordance with the provisions of 35 U.S.C. 119, Applicants hereby claims the priority
of:

Japanese Patent Application Number 2001-011165, Filed January 19, 2001

cited in the Declaration of the present application. A Certified copy is submitted herewith.

Respectfully submitted,

MCDERMOTT, WILL & EMERY


Michael E. Fogarty
Registration No. 36,139

600 13th Street, N.W.
Washington, DC 20005-3096
(202) 756-8000 MEF:kjw
Date: January 16, 2002
Facsimile: (202) 756-8087

56937-044
Masahiro ONO, et al
January 16, 2002

日本国特許庁 *McDermott, Will & Emery*
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日

Date of Application:

2001年 1月19日

出願番号

Application Number:

特願2001-011165

出願人

Applicant(s):

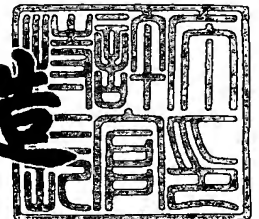
松下電器産業株式会社

JC997 U.S. PTO
10/046265
01/16/02

2001年11月30日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3105303

【書類名】 特許願

【整理番号】 2022020379

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/60

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 小野 正浩

【発明者】

 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
 会社内

 【氏名】 板垣 峰広

【特許出願人】

 【識別番号】 000005821

 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

 【識別番号】 100086737

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 岡田 和秀

 【電話番号】 06-6376-0857

【手数料の表示】

 【予納台帳番号】 007401

 【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

 【物件名】 明細書 1

 【物件名】 図面 1

 【物件名】 要約書 1

 【包括委任状番号】 9305280

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体装置の実装構造、および半導体装置の実装方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 P i n フォトダイオードを有する化合物半導体基板の一方面に設けられた端子電極を、前記一方面を回路基板の入出力電極形成面に対向させた状態で、突起電極と導電性接着剤とを介して前記入出力電極に接続する、ことを特徴とする半導体装置の実装構造。

【請求項 2】 P i n フォトダイオードを有する化合物半導体基板の一方面に設けられた端子電極を、前記一方面を回路基板の入出力電極形成面に対向させた状態で、半田を介して前記入出力電極に接続する、ことを特徴とする半導体装置の実装構造。

【請求項 3】 請求項 2 に記載の半導体装置において、前記端子電極と前記入出力電極との間の接続部の周囲を、封止樹脂で封止することを特徴とする半導体装置の実装構造。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の半導体装置の実装構造において、前記封止樹脂により、前記端子電極と前記入出力電極との間の接続部を除いた前記化合物半導体と前記回路基板との間の対向部分を封止する、ことを特徴とする半導体装置の実装構造。

【請求項 5】 請求項 1 ないし 4 のいずれかに記載の半導体装置の実装構造において、前記化合物半導体基板の他方面に、導光用光ファイバの先端を固定する、ことを特徴とする半導体装置の実装構造。

【請求項 6】 請求項 5 記載の半導体装置の実装構造において、前記導光用光ファイバを、接着樹脂により前記他方面に固定する、ことを特徴とする半導体装置の実装構造。

【請求項 7】 請求項 5 または 6 に記載の半導体装置の実装構造において、前記 P i n フォトダイオードの光吸収層に対向する前記他方面の領域に、前記光ファイバの先端を配置する、

ことを特徴とする半導体装置の実装構造。

【請求項 8】 請求項 5 ないし 7 のいずれかに記載の半導体装置の実装構造において、

前記他方面に、前記一方面に向かう装着孔を設け、この装着孔に前記導光用光ファイバの先端を挿入して固定する、

ことを特徴とする半導体装置の実装構造。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の半導体装置の実装構造において、
前記装着孔は、前記光吸収層の近傍に達する深さを有する、

ことを特徴とする半導体装置の実装構造。

【請求項 10】 請求項 5 に記載の半導体装置の実装構造において、

貫通孔を有する装着補助板をさらに有し、前記導光用光ファイバの先端をこの装着補助板の貫通孔に挿入固定した状態で、この装着補助板を前記他方面に固定することで、前記導光用光ファイバの先端を、前記化合物半導体基板に固定する

ことを特徴とする半導体装置の実装構造。

【請求項 11】 請求項 3 または 4 に記載の半導体装置の実装構造において

貫通孔を有する装着補助板をさらに有し、この装着補助板の貫通孔に前記導光用光ファイバの先端を挿入固定した状態で、この装着補助板を前記封止樹脂により前記回路基板の他方面に固定することで、前記導光用光ファイバの先端を、前記化合物半導体基板に固定する、

ことを特徴とする半導体装置。

【請求項 12】 請求項 1 ないし 11 に記載の半導体装置において、

前記 Pin フォトダイオードの P 極と N 極とのうちの少なくとも一方に接続される前記入出力電極を、前記化合物半導体基板の周縁部位に対向する前記回路基板の部位に設ける、

ことを特徴とする半導体装置。

【請求項 13】 Pin フォトダイオードを有する化合物半導体基板からなる半導体装置の一方面に設けられた端子電極を回路基板の入出力電極に接続する

半導体装置の実装方法であって、

前記端子電極に突起電極を形成したうえで、この突起電極上に導電性接着剤を供給する工程と、

前記端子電極と前記入出力電極とが当接し合うように前記化合物半導体基板を前記回路基板上に搭載したうえで、前記導電性接着剤を硬化させることで、前記化合物半導体基板を前記回路基板上に実装する工程と、

前記化合物半導体基板と前記回路基板との間の接続部位を、封止樹脂により封止する工程と、

前記化合物半導体基板の他方面に、導光用光ファイバの先端を固定する工程と

を含むことを特徴とする半導体装置の実装方法。

【請求項 1 4】 請求項 1 3 記載の半導体装置の実装方法において、

前記化合物半導体基板の短辺側両側面を治具で挟んだ状態で、前記端子電極に前記突起電極を形成する、

ことを特徴とする半導体装置の実装方法。

【請求項 1 5】 Pin フォトダイオードを有する化合物半導体基板からなる半導体装置の一方面に設けられた端子電極を、回路基板の入出力電極に接続する半導体装置の実装方法であって、

前記入出力電極に半田を供給する工程と、

前記端子電極と前記入出力電極とが当接し合うように前記化合物半導体基板を前記回路基板上に搭載したうえで、前記半田を溶融させることで、前記化合物半導体基板を前記回路基板上に実装する工程と、

前記化合物半導体基板と前記回路基板との間の接続部位を、封止樹脂により封止する工程と、

前記化合物半導体基板の他方面に、導光用光ファイバの先端を固定する工程と

を含むことを特徴とする半導体装置の実装方法。

【請求項 1 6】 請求項 1 5 に記載の半導体装置の実装方法において、

前記半田に熱と荷重を印加することで、この半田と前記端子電極との間で、拡

散化合物を生成させる、

ことを特徴とする半導体装置の実装方法。

【請求項17】 請求項15または16に記載の半導体装置の実装方法において、

前記導光用光ファイバを光線硬化樹脂により化合物半導体基板に固定するとともに、前記封止樹脂として光線硬化樹脂を用い、

かつ、前記封止樹脂と光ファイバ固定用樹脂とを一括に光線硬化する、

ことを特徴とする半導体装置の実装方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、化合物半導体基板にPinフォトダイオード実装してなる半導体装置の実装構造およびその実装方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

将来のマルチメディア社会の実現には基幹系伝送容量の拡大と加入者系光ネットワークシステムの整備が不可欠である。光ファイバは1981年に初めてNTTの通信網に導入された。その後10年の間に中継網の大動脈を形成し、現在の通信システムを大きく支えている。

【0003】

光ファイバの特徴は「低損失」、「細径」、「軽量」等であり、従来のメタリックケーブルと比較しても損失は大幅に小さくなる。高速の信号ではこの差はより顕著で、近い将来家庭まで広帯域サービスを提供するためには、加入者線でも光ファイバの配設が必要不可欠で、FTTH（ファイバ・ツー・ザ・ホーム）に向け研究・開発が進められているが、このような研究・開発を促進するうえで測距離を拡大する必要があるが、そのうえでは、低コスト・高帯域・高感度な光受信端末（ONU）の開発が必須となっている。

【0004】

以上のような背景もあり、高性能受光素子として、超格子アバランシェフォト

ダイオード（以下、APDと略する）と、Pinフォトダイオード（以下、PinPDと略する）とが注目されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

APDは、超格子構造のバンド不連続を介したイオン化率比制御を基本動作原理としており、シリコン（Si）基板に形成されたAPDは既に商品化され一般化している。しかしながら、シリコン（Si）のAPDは光ファイバを用いた信号伝達で用いられる $1.55\mu\text{m}$ 帯、および $1.3\mu\text{m}$ 帯に対する感度がない。

【0006】

このような要望に応えることができるAPDとしては、InP基板上にInGaAs（P）／InAlAs、In（Al）GaAs／InAlAs系材料を格子整合したものが提案されており、上記信号伝達帯域において、高利得帯域幅積・高感度であることが実証されている。また、上記APDの構造においても、Tiイオン注入ガードリング領域を有するプレーナ型素子の提案がなされている。しかしながら、各種の文献に示されているように、光吸収層で生成される電子-ホール対を、その場の高電界で加速してアバランシェ増倍させると、電子とホール双方とがそれぞれ増倍され、良好な高周波特性を得ることができない。

【0007】

これに対して、光吸収層とアバランシェ増倍層とを分離して、電子のみを増倍層に注入することによって、電子を選択的に増倍する構造が考えられている。しかしながら、この構造においては、電界緩和層の価電子帯の電子が、高電界によって超格子増倍層の伝導帯へトンネルし、これが暗電流発生の原因となる。

【0008】

さらには、APDでは、パッケージを気密封止することが前提となっており、例えばデバイスごとケースの中に入れ、気密を保ちながら封止することで水分の浸入を少しでも防ぐパッケージ構造を採用している。しかしながら、このことが低コストでAPDを作製するうえでの隘路になっている。

【0009】

このように、APDに関しては、特性や信頼性の確保に関してはまだまだ課題

が多く残っており、十分実用化されるにはいたっていない。また、デバイスごとケースに収納して封止する等の構造を採用して気密封止を図っているが、このことが、コストダウンを図るうえでの障害となっている。また、メサ型の場合メサエッチ部の界面準位の制御が特に問題となり、暗電流劣化の要因となる。このためにパッシベーション膜形成は重要であるが、最適な構造は得られていない。

【0010】

一方、PinPDは、通常、化合物半導体基板に形成されるが、製造プロセスを気相成長や液相成長などにより実施できるために安定しており、信頼性はAPDに比べると格段に高い。しかしながら、超格子増倍層がないためにキャリアの増幅作用がなく、高い性能を求められるときには仕様マージンが狭いという不都合がある。

【0011】

そこで、本発明は、キャリアの増倍作用がないため潜在的な特性はAPDに比べ劣っているが、特性や信頼性が安定しているPinPDを用いて特性や信頼性が確保された半導体装置を提案することを目的とする。

【0012】

【課題を解決するための手段】

本発明は上記課題を解決するために、Pinフォトダイオードを有する化合物半導体基板の一方面に設けられた端子電極を、前記一方面を回路基板の入出力電極形成面に対向させた状態で、突起電極と導電性接着剤とを介して前記入出力電極に接続している。

【0013】

【発明の実施の形態】

本発明の請求項1に記載の発明は、Pinフォトダイオードを有する化合物半導体基板の一方面に設けられた端子電極を、前記一方面を回路基板の入出力電極形成面に対向させた状態で、突起電極と導電性接着剤とを介して前記入出力電極に接続することに特徴があり、これにより次のような作用を有する。すなわち、回路基板に対して化合物半導体基板を短い配線距離で接続することが可能となり、これによってその高周波特性を向上させることが可能となる。

【0014】

本発明の請求項2に記載の発明は、Pinフォトダイオードを有する化合物半導体基板の一方面に設けられた端子電極を、前記一方面を回路基板の入出力電極形成面に対向させた状態で、半田を介して前記入出力電極に接続することに特徴があり、これにより次のような作用を有する。すなわち、回路基板に対して化合物半導体基板を短い配線距離で接続することが可能となり、これによってその高周波特性を向上させることが可能となる。

【0015】

本発明の請求項3に記載の発明は、請求項2に係る半導体装置において、前記端子電極と前記入出力電極との間の接続部の周囲を、封止樹脂で封止することに特徴があり、これにより次のような作用を有する。すなわち、封止樹脂で封止するという簡単な構造でもって、実装構造を封止することが可能となり、その分、コストダウンを図ることができる。

【0016】

封止構造としては、請求項4に記載したように、前記封止樹脂により、前記端子電極と前記入出力電極との間の接続部を除いた前記化合物半導体と前記回路基板との間の対向部分を封止するのが確実に封止するうえで好ましい。

本発明の請求項5に記載の発明は、請求項1ないし4のいずれかに係る半導体装置の実装構造において、前記化合物半導体基板の他方面に、導光用光ファイバの先端を固定することに特徴があり、これにより次のような作用を有する。すなわち、上述した各請求項の発明に示すフリップチップ実装構造を採用することで、本請求項のように、導光用光ファイバを化合物半導体基板の他方面に取り付け固定することが可能となり、そうすることで、導光用光ファイバの取り付け構造が簡略化されてコストダウンと小型化が図れる。

【0017】

なお、導光用光ファイバは、請求項6に記載したように、接着樹脂により前記他方面に固定するのが好ましく、そうすれば、さらに、導光用光ファイバの取り付け構造が簡略化されてコストダウンに繋がる。

【0018】

なお、請求項 7 に記載したように、前記光ファイバの先端は、前記 P i n フォトダイオードの光吸収層に対向する前記他方面の領域に配置するのが好ましく、そうすれば、光吸収効率が良好なものとなる。

【 0 0 1 9 】

また、請求項 8 に記載したように、前記他方面に、前記一方面に向かう装着孔を設け、この装着孔に前記導光用光ファイバの先端を挿入して固定するのが好ましく、そうすれば、導光用光ファイバの固定が容易にしかも確実になる。

【 0 0 2 0 】

さらには、前記装着孔は、請求項 9 に記載したように、前記光吸収層の近傍に達する深さを有するものとするのが好ましく、そうすれば、光吸収効率がさらに良好なものとなる。

【 0 0 2 1 】

また、請求項 1 0 に記載したように、貫通孔を有する装着補助板をさらに有し、前記導光用光ファイバの先端をこの装着補助板の貫通孔に挿入固定した状態で、この装着補助板を前記他方面に固定することで、前記導光用光ファイバの先端を、前記化合物半導体基板に固定するのが好ましく、そうすれば、導光用光ファイバの固定が容易にしかも確実になる。

【 0 0 2 2 】

また、請求項 1 1 に記載したように、貫通孔を有する装着補助板をさらに有し、この装着補助板の貫通孔に前記導光用光ファイバの先端を挿入固定した状態で、この装着補助板を前記封止樹脂により前記回路基板の他方面に固定することで、前記導光用光ファイバの先端を、前記化合物半導体基板に固定するのが好ましく、そうすれば、導光用光ファイバの固定が容易にしかも確実になる。

【 0 0 2 3 】

また、請求項 1 2 に記載したように、請求項 1 ないし 1 1 に記載の半導体装置において、前記 P i n フォトダイオードの P 極と N 極とのうちの少なくとも一方に接続される前記入出力電極を、前記化合物半導体基板の周縁部位に対向する前記回路基板の部位に設けるのが好ましく、そうすれば、回路基板の入出力電極と化合物半導体基板との間で浮遊容量が生じにくくなる。

【0024】

なお、請求項13に記載したように、前記端子電極に突起電極を形成したうえで、この突起電極上に導電性接着剤を供給する工程と、前記端子電極と前記入出力電極とが当接し合うように前記化合物半導体基板を前記回路基板上に搭載したうえで、前記導電性接着剤を硬化させることで、前記化合物半導体基板を前記回路基板上に実装する工程と、前記化合物半導体基板と前記回路基板との間の接続部位を、封止樹脂により封止する工程と、前記化合物半導体基板の他方面に、導光用光ファイバの先端を固定する工程とを含んだ実装方法により、本発明の半導体装置の実装構造を作製することができる。

【0025】

また、請求項15に記載したように、前記入出力電極に半田を供給する工程と、前記端子電極と前記入出力電極とが当接し合うように前記化合物半導体基板を前記回路基板上に搭載したうえで、前記半田を溶融させることで、前記化合物半導体基板を前記回路基板上に実装する工程と、前記化合物半導体基板と前記回路基板との間の接続部位を、封止樹脂により封止する工程と、前記化合物半導体基板の他方面に、導光用光ファイバの先端を固定する工程とを含んだ実装方法により、本発明の半導体装置の実装構造を作製することができる。

【0026】

なお、請求項13に係る実装方法においては、請求項14に記載したように、前記化合物半導体基板の短辺側両側面を治具で挟んだ状態で、前記端子電極に前記突起電極を形成するのが好ましく、そうすれば、化合物半導体基板の破損を回避することが可能となる。

【0027】

なお、請求項15に係る実装方法においては、請求項16に記載したように、前記半田に熱と荷重を印加することで、この半田と前記端子電極との間で、拡散化合物を生成させるのが好ましく、そうすれば、半田に対してフラックスを塗布するという余分な工程を経ることなく、確実に入出力電極と端子電極とを接続することが可能となる。

【0028】

なお、本発明の半導体装置の実装方法においては、請求項 17 に記載したように、前記導光用光ファイバを光線硬化樹脂により化合物半導体基板に固定するとともに、前記封止樹脂として光線硬化樹脂を用い、かつ、前記封止樹脂と光ファイバ固定用樹脂とを一括に光線硬化するのが好ましく、そうすれば、各種樹脂の硬化工程の簡略化が図れる。

【 0 0 2 9 】

実施の形態 1

図 1 は本発明の実施の形態 1 にかかる半導体装置の実装構造の概略図である。この半導体装置 A は、I n P 基板等からなりその内部に受光素子である P i n P D (P i n フォトダイオード) 1 が設けられた化合物半導体基板 B を有している。そして、化合物半導体基板 B の一方面には端子電極 2 が設けられている。P i n P D 1 の p n 接合には逆方向高電圧が印加されており、P i n P D 1 の光吸収層で生じた電子-ホール対は、p n 接合に印加される高電界によって加速されるようになっている。

【 0 0 3 0 】

端子電極 2 上には突起電極 3 が形成されている。突起電極 3 は、導電性接着剤 4 を介して回路基板 7 の入出力電極 6 上に電氣的に接続されて固定されたうえで、その接続部 (回路基板 7 と化合物半導体基板 B との間の対向部分) が封止樹脂 5 により封止されて補強されている。これにより、半導体装置 A は回路基板 7 に実装されている。なお、封止樹脂 5 は、入出力電極 6 の接続部の周囲を少なくとも補強していればよい。また、突起電極 3 は形成できる方法であればワイヤボンディング法、めっき法等、どんな方法で形成してもよい。

【 0 0 3 1 】

このようにして、P i n P D 1 を搭載した化合物半導体基板 B を、回路基板 7 に対してフリップチップ実装形態で実装している。これにより、回路基板 7 に対して化合物半導体基板 B を短い配線距離で接続することが可能となり、そのために、高周波特性にも優れた実装構造が実現できるうえに、化合物半導体基板 B の他方面 (端子電極形成面の反対側に位置する面) に導光用光ファイバ 8 を接着することが可能になる。

【0032】

本実施形態では、導光用光ファイバ8の先端を熱硬化性樹脂等からなる接着剤9により半導体装置Aに接着している。なお、PinPD1に対して光を効率よく導き入れるために、導光用光ファイバ8の先端は、PinPD1の光吸収層に対して対向する位置に配置している。

【0033】

次に、本実施形態の半導体装置の実装構造について、その信頼性を測定した結果を図2を参照して説明する。ここでは、本実施形態の具体例として次のものを用いている。すなわち、光ファイバの化合物半導体基板の他方面（半導体装置Aの裏面）からの接着を可能にするため、厚みが $0.1\mu\text{m}$ のInP基板からなる化合物半導体基板BにPinPD1を内蔵した半導体装置Aの端子電極2に、ワイヤボンディング法により突起電極3を形成したうえで、この突起電極3と導電性接着剤4とを介して、半導体装置Aを回路基板7の端子電極6に実装した構造を本実施形態の具体例としており、このような具体例の信頼性を測定している。

【0034】

図2(a)は、(270℃-5サイクル)の半田耐熱試験(逆バイアス0~15v印加)を実施したうえで、暗電流がどの程度増加するかを測定した結果を示している。図2(b)は、(85℃、85%RH)の高温高湿試験(1712h)を実施したうえで、暗電流がどの程度増加するかを測定した結果を示している。図2(C-1)、図2(C-2)は、(-40℃~125℃)の温度サイクル試験を400サイクル実施したうえで、暗電流がどの程度増加するかを測定した結果を示している。

【0035】

図2の各データに示すように、本実施形態の半導体装置の実装構造においては、暗電流の劣化がほとんどなく、本実装構造が信頼性において優れていることが明らかである。これは、導電性接着剤4により半導体装置Aを回路基板7に実装することで、比較的小さな加圧力(突起電極形成時はおおよそ40g/端子電極、実装時は5g/端子電極、程度)でもって半導体装置Aを回路基板7に実装でき、そのために半導体装置Aにダメージを与えないことが要因であると考えられ

る。

【0036】

ここで、PinPD1の光吸収層は、2族元素のZn、Cd、Hg、3族元素のB、Al、Ga、In、Tl、5族元素のN、P、As、Sb、Bi、6族元素のO、S、Se、Te、Poの少なくともいずれかの組み合わせで構成されているのが好ましい。また、導電性接着剤4の導電性フィラーはAg、Pd、Ni、Au、Cu、C、Ptの少なくとも1つを含んでいるのが好ましい。封止樹脂5はエポキシ系樹脂を主成分として含み、無機物の粒子を有するものが好ましい。無機物の粒子としてはSiO₂、Al₂O₃、SiNなどがある。

【0037】

次に、本実施形態の実装構造を作製する方法を図3を参照して説明する。

【0038】

まず、図3(a)に示すように、半導体装置Aの端子電極2上に突起電極3を形成する。次に、図3(b)に示すように、容器C内に導電性接着剤4を一定の膜厚で形成配置したうえで、端子電極2上の突起電極3の先端を導電性接着剤4に浸漬させることで、突起電極3上に導電性接着剤4を転写させる。

【0039】

その後、図3(c)に示すように、導電性接着剤4を介して端子電極2を入出力電極6に接続固定することで、半導体装置Aを回路基板7に実装し、さらに、図3(d)に示すように、回路基板7と化合物半導体基板Bとの間の対向部分にある接続部の周囲を封止樹脂5で封止して補強する。ここで、封止樹脂5は接続部の周りが少なくとも補強されていればよい。

【0040】

最後に、図3(e)に示すように、PinPD1に対して光吸収効率が最大になるように、導光用光ファイバ8を、半導体装置A（詳細に言えばPinPD1）の光吸収層の上に位置決めしたうえで半導体装置Aの裏面（端子電極形成面の反対側の位置する面であって、半導体基板Bの他方面）に熱硬化樹脂等の接着剤9により接着固定する。

【0041】

実施の形態 2

上述した実施形態 1 では、導電性接着剤 4 を用いて、半導体装置 A を回路基板 7 に実装したが、本発明は、このような接着媒体に限定されるものではない。本実施形態は、図 4 に示すように、導電性接着剤 4 に換えて、半田 1 0 を用いて半導体装置 A の端子電極 2 を回路基板 7 の入出力電極 6 に接続固定したことに特徴がある。さらには、本実施形態の実装構造では、突起電極 3 を設けることなく半田 1 0 だけで実装している。なお、その他の構造については、基本的に実施の形態 1 と同様であるため、それらについての説明は省略する。また、半導体装置 A の大きさ、化合物半導体基板 B の材質が関係する熱ひずみなど信頼性が確保できる場合、封止樹脂 5 の補強はなくてもよい。また、半田 1 0 は S n、A g、P b、B i、C u、Z n、S b の少なくとも 1 つは含んでいるのが好ましい。

【0042】

次に、本実施形態の半導体装置の実装構造を作製する第 1 の方法を、図 5 を参照して説明する。

【0043】

まず、図 5 (a) に示すように、回路基板 7 の入出力電極 6 に対し半田 1 0 を印刷により供給する。具体的には、スクリーンマスク 1 1 越しに半田 1 0 をスqueegee 1 2 で掻き入れることにより、入出力電極 6 の表面に半田 1 0 を設ける。

【0044】

次に、図 5 (b) に示すように、端子電極 2 を入出力電極 6 に対して位置合わせしたうえで半導体装置 A を回路基板 7 上に搭載し、この状態でリフロー処理等を施すことで半田 1 0 を溶融させて端子電極 2 を入出力電極 6 に接続させる。

【0045】

そして、図 5 (c) に示すように、封止樹脂 5 により上記接続部を封止することで補強する。ここで、封止樹脂 5 は接続部の周りが少なくとも補強されていればよい。また、半導体装置 A の大きさ、化合物半導体基板 B と回路基板 7 との材質等が関係する熱ひずみなど信頼性が確保できる場合、封止樹脂 5 の補強はなくてもよい。

【0046】

最後に、図5(d)に示すように、半導体装置Aの光吸収層の光吸収効率が最大になるように、導光用光ファイバ8を半導体装置Aの裏面（端子電極形成面の反対側の面であって、化合物半導体基板Bの他方面）に位置決めしたうえで、導光用光ファイバ8を、接着剤9により、半導体装置Aに接着する。

【0047】

次に、本実施形態の半導体装置の実装構造の第2の製造方法を図6を参照して説明する。

【0048】

まず、図6(a)に示すように、回路基板7の入出力電極6上に半田10をめっき処理により形成する。そして、図6(b)に示すように、半導体装置Aの端子電極2を回路基板7の入出力電極6に対して、熱と荷重を併用して接続固定する。このとき、半田10は熱と荷重により半田表面の酸化膜が破れて、端子電極2と金属間化合物を生成するので、機械的にも電氣的にも強固に接続される。

【0049】

次に、図6(c)に示すように、半導体装置Aと回路基板7との間の接続部を封止樹脂5で封止することで補強する。ここで、封止樹脂5は接続部の周りが少なくとも補強されていればよい。また、半導体装置Aの大きさ、化合物半導体基板Bと回路基板7との材質が関係する熱ひずみなどによっても信頼性が確保できる場合には、封止樹脂5の補強はなくてもよい。

【0050】

最後に、図6(d)に示すように、半導体装置Aの光吸収層の光吸収効率が最大になるように、導光用光ファイバ8を半導体装置Aの裏面（化合物半導体基板Bの端子電極形成面の反対側の面であって、上述した他方面）に位置決めしたうえで、導光用光ファイバ8を、接着剤9により半導体装置Aに接着する。

【0051】

なお、上述した本実施形態の説明では、半導体装置Aと回路基板7との間の接続部を覆って封止樹脂を設けることで、接続部を補強していたが、図7に示すように、化合物半導体基板Bの周縁だけに封止樹脂5を設けてもよい。

【0052】

この場合の実装構造の製造方法を、図 8 を参照して説明する。図 5 (a)、(b) を参照して説明した方法と同一の方法である図 8 (a)、(b) の方法により、半導体装置 A を回路基板 7 に実装する。その後、少なくとも半導体装置 A と回路基板 7 との間の接続部に化合物半導体基板 B の周縁に沿って光線硬化型樹脂（紫外線硬化型樹脂等）からなる封止樹脂 5 を未硬化状態で配置する。この状態でさらに、導光用光ファイバ 8 を半導体装置 A の裏面（化合物半導体基板 B の他方面）に対して、同様の光線硬化型樹脂（未硬化状態）からなる接着剤 9 を介して当接配置する。

【 0 0 5 3 】

そして、封止樹脂 5 と、接着剤 9 とに対して同時に紫外線を照射することで、封止樹脂 5、接着剤 9 の表面だけを硬化させる。これにより、接続部に対する封止樹脂 5 の流れ込みを防いだうえで、導光用光ファイバ 8 の位置決めを行う。その後、封止樹脂 5 と接着剤 9 とに対して加熱することで、これらの本硬化を行う。

【 0 0 5 4 】

実施の形態 3

上述した実施の形態 2 の実装構造では、半田 10 だけを用いて、半導体装置 A を回路基板 7 に実装したが、本発明は、このような接着媒体に限定されるものではない。本実施形態は、図 9 に示すように、端子電極 2 に突起電極 3 を形成したうえで、突起電極 3 と入出力電極 6 との間に半田 10 を介装させることで、半導体装置 A の端子電極 2 を回路基板 7 の入出力電極 6 に接続固定したことに特徴がある。半田 10 はペースト状態で回路基板 7 の入出力電極 6 に形成したのち、リフロー処理により溶融させることで入出力電極 6 と端子電極 2 とを接続固定することができる。さらには、フラックスを供給することなく半田 10 を入出力電極 6 に形成したのち、熱と荷重の併用により半田 10 の酸化膜を破ることで、突起電極 3 との間に金属間化合物を形成し、これにより、入出力電極 6 と端子電極 2 とを接続固定することができる。

【 0 0 5 5 】

なお、その他の構造については、基本的に実施の形態 1 と同様であるため、そ

れらについての説明は省略する。また、半導体装置 A の大きさ、化合物半導体基板 B の材質が関係する熱ひずみなど信頼性が確保できる場合、封止樹脂 5 の補強はなくてもよい。また、半田 1 0 は S n 、 A g 、 P b 、 B i 、 C u 、 Z n 、 S b の少なくとも 1 つは含んでいるのが好ましい。

【 0 0 5 6 】

以上説明した実施の形態 1 ～ 3 は、半導体装置 A と回路基板 7 との間の接続構造についてそれぞれ特徴を有する本発明の実施形態である。次に、導光用光ファイバ 8 の取り付け構造に関してそれぞれ特徴を有する本発明の実施形態 4 ～ 6、およびさらにその他の特徴を有する本発明の実施形態 7、8 を説明する。

【 0 0 5 7 】

なお、以下、説明する各実施形態では、半導体装置 A と回路基板 7 との間の接続構造については特に特徴がない。そのため、半導体装置 A と回路基板 7 との間の接続部位については、単に接続部 1 4 として記述する。ここでいう接続部 1 4 としては、導電性接着剤 4 による接続構造や半田 1 0 による接続構造を含めたものであるのはいうまでもない。

【 0 0 5 8 】

実施の形態 4

図 1 0 は実施の形態 4 にかかる半導体装置 A の実装構造の概略図である。この実装構造においては、半導体装置 A が接続部 1 4 を介して回路基板 A に実装されており、さらには、化合物半導体基板 B の裏面（端子電極形成面の反対側に位置する面であって、化合物半導体基板 B の他方面）には、装着孔 1 3 が形成されている。装着孔 1 3 は、基板 B の厚み方向に沿って、端子電極形成面（化合物半導体基板 B の一方面）に向かって有底状に形成されており、さらには、導光用光ファイバ 8 が挿入可能な大きさに形成されている。

【 0 0 5 9 】

導光用光ファイバ 8 の先端は、装着孔 1 3 に挿入された状態で接着剤 9 によって化合物半導体基板 B に固定されている。これにより、P i n P D 1 の光吸収層に対して導光用光ファイバ 8 の先端が可及的に接近するため、十分な受光感度を確保することができる。

【 0 0 6 0 】

実施の形態 5

図 1 1 は本発明の実施の形態 5 にかかる実装構造の概略図である。この実装構造においては、半導体装置 A が接続部 1 4 を介して回路基板 A に実装されており、化合物半導体基板 B の裏面（端子電極形成面の反対側に位置する面であって、化合物半導体基板 B の他方面）には、装着補助板 1 6 が面着固定されている。そして、装着補助板 1 6 には、その厚み方向に沿って装着孔 1 7 が形成されている。装着孔 1 7 は、装着補助板 1 6 を貫通して形成されており、さらには、導光用光ファイバ 8 が挿入可能な大きさに形成されている。

【 0 0 6 1 】

導光用光ファイバ 8 の先端は、装着孔 1 7 に挿入された状態で接着剤 9 によって装着補助板 1 6 に固定されており、さらには、装着補助板 1 6 を介して、化合物半導体基板 B に固定されている。装着補助板 1 6 を設けることで、化合物半導体基板 B の機械的強度を装着補助板 1 6 により維持することが可能となり、その分、化合物半導体基板 B の厚みを薄くすることができる。そのため、本実施形態では、化合物半導体基板 B の厚みを薄くすることが可能になる分、PinPD1 の光吸収層に対して導光用光ファイバ 8 の先端を接近させて十分な受光感を確保することができる。

【 0 0 6 2 】

なお、図 1 2 に示すように、装着孔 1 7 の大きさを、導光用光ファイバ 8 の外形と略一致させることで、導光用光ファイバ 8 を装着孔 1 7 に圧入固定するようにしてもよい。

【 0 0 6 3 】

また、本実施形態の装着補助板 1 6 は、封止樹脂 5 によって装着固定することができ、そうすれば、装着補助板 1 6 単独の取り付け工程を必要とせず、その分、製造工程の簡略化を図ってコストダウンを実現できる。

【 0 0 6 4 】

実施の形態 6

図 1 3 は実施の形態 6 にかかる半導体装置 A の実装構造の概略図である。この

実装構造においては、半導体装置 A が接続部 1 4 を介して回路基板 A に実装されており、さらには、回路基板 7 には、装着孔 1 8 が形成されている。装着孔 1 8 は、回路基板 7 の厚み方向に沿って、回路基板 7 を貫通して形成されており、さらには、導光用光ファイバ 8 が挿入可能な大きさに形成されている。

【 0 0 6 5 】

導光用光ファイバ 8 の先端は、装着孔 1 3 に挿入された状態で封止樹脂 5 によって化合物半導体基板 B に対してその一方面側（端子電極形成面側）に固定されている。これにより、PinPD1 の光吸収層に対して導光用光ファイバ 8 の先端が可及的に接近するため、十分な受光感度を確保することができる。

【 0 0 6 6 】

なお、図 1 4 に示すように、回路基板 7 の一方面側（図 1 4 では、入出力電極形成面側）において、装着孔 1 8 を囲んで位置決めブロック 1 9 を配置していてもよい。そうすれば、導光用光ファイバ 8 の位置決めが容易になる。位置決めブロック 1 9 はレジストでもよいし、チップ部品など、回路基板 7 の配線回路を阻害しないものであれば何でもよい。図 1 4 の構造の場合には、導光用光ファイバ 8 を接着剤 9 により固定するとともに、封止樹脂 5 を化合物半導体基板 B の周縁にのみ設けているが、これは、一例にすぎず、封止樹脂 5 により接続部 1 4 の周囲を完全に封止してもよいし、導光用光ファイバ 8 を装着孔 1 8 に圧入固定してもよいのはいうまでもない。

【 0 0 6 7 】

実施の形態 7

図 1 5 は本発明の実施の形態 7 にかかる半導体装置 A の実装構造の概略図である。図 1 5 (a) は半導体装置 A の配線電極 2 0 を上から見た図であり、図 1 5 (b) は、半導体装置 A を回路基板 7 に実装した状態の断面図である。

【 0 0 6 8 】

半導体装置 A では下地の化合物半導体基板 B 全体が、N 極になることがあり、P 極から引き出された接続部 1 4 が半導体装置 A の中心にあると、そこまで引きまわされた回路基板 7 の入出力電極 6 と N 極である半導体装置 A の下地である化合物半導体基板 B との間で浮遊容量が発生し、特に高周波特性を著しく劣化させ

る要因になりかねない。これに対して、本実施形態では、図15(b)に示すように、P極となった接続部14につながる回路基板7の入出力電極6を、設計上可能な限り半導体装置Aの外側に位置するように配置している。これにより、浮遊容量の発生による特性劣化を防ぐことが可能となり、さらに高周波特性に優れた実装構造が実現できる。

【0069】

なお、化合物半導体基板Bはへき開面をもっており、シリコン(Si)基板と比較すると強度が弱く脆い。そのため、本発明の実施形態の中で、特に突起電極3を設ける場合において、ワイヤボンディング法を用いて突起電極3を形成しようすると、化合物半導体基板Bに破損が生じる可能性がある。その場合には、図16に示すように化合物半導体基板Bの短辺Ba側を治具21で挟んでうえて、ワイヤボンディングにより突起電極3を形成すると、化合物半導体基板Bの破損(割れ等)を著しく軽減することができ、これによって半導体装置の高周波特性及び電流特性(暗電流や光電流など)の劣化をさらに防ぐことができる。なお、図16中、符号19はボンディングステージである。

【0070】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明により、封止樹脂により気密封止することが可能となるため、別途、パッケージ構造によって気密封止する必要がなくなる。これは、従来確立されていなかったことである。これにより、飛躍的な低コスト化が実現できる。また、高周波特性や電流特性(暗電流や光電流など)、信頼性に優れた実装構造にすることができる。半導体装置においても気相成長や液相成長など安定したプロセスで作製されたものを用いることができるので、従来のように湿度に対する特性劣化がないのでより安定な実装構造が得られる。

【図面の簡単な説明】

- 【図1】 本発明の実施の形態1の半導体装置の実装構造を示す断面図である。
- 【図2】 実施の形態1の半導体装置の実装構造の特性データを示す図である。
- 【図3】 実施の形態1の実装構造の製造方法を示す概略図である。
- 【図4】 実施の形態2の半導体装置の実装構造を示す断面図である。

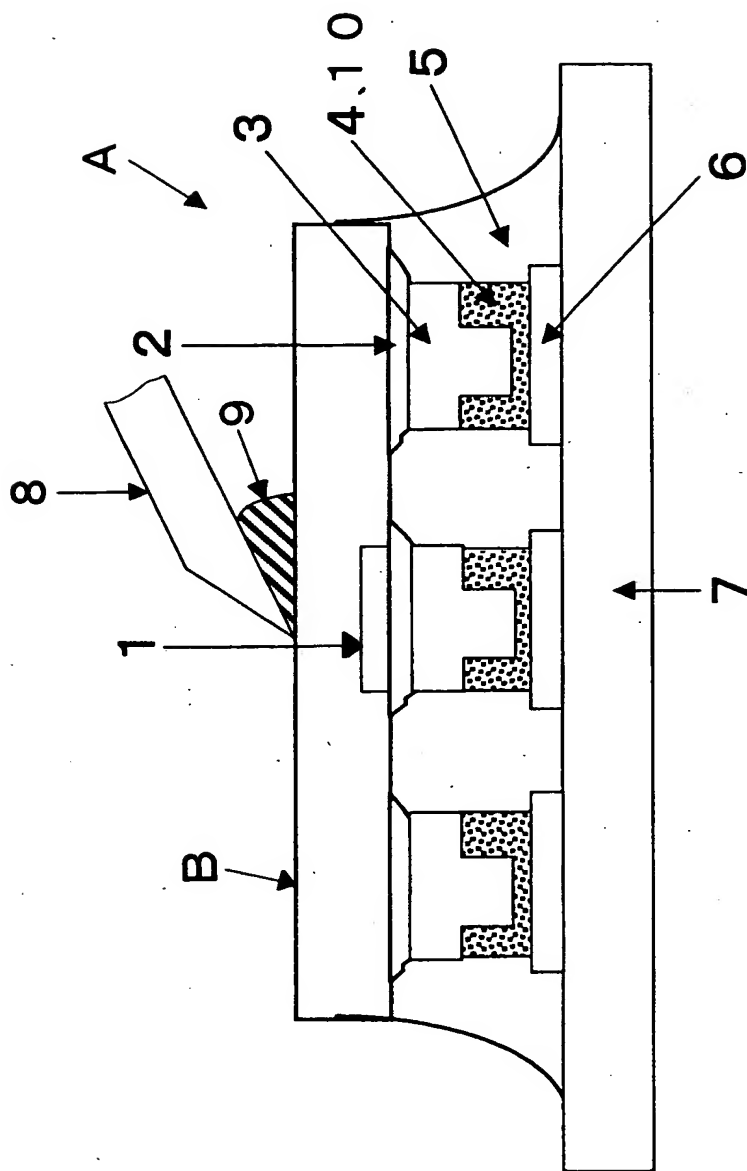
- 【図 5】 実施の形態 2 の実装構造の第 1 の製造方法を示す概略図である。
- 【図 6】 実施の形態 2 の実装構造の第 2 の製造方法を示す概略図である。
- 【図 7】 本発明の実施の形態 2 の変形例を示す断面図である。
- 【図 8】 実施の形態 2 の変形例の製造方法を示す概略図である。
- 【図 9】 本発明の実施の形態 3 の半導体装置の実装構造を示す断面図である。
- 【図 1 0】 本発明の実施の形態 4 の半導体装置の実装構造を示す断面図である。
- 【図 1 1】 本発明の実施の形態 5 の半導体装置の実装構造を示す断面図である。
- 【図 1 2】 実施の形態 5 の変形例を示す断面図である。
- 【図 1 3】 本発明の実施の形態 6 の半導体装置の実装構造を示す断面図である。
- 【図 1 4】 実施の形態 6 の変形例を示す断面図である。
- 【図 1 5】 本発明の実施の形態 7 の半導体装置の実装構造の概略図である。
- 【図 1 6】 本発明のすべての実施形態に係る変形例の構造を示す概略図である。

【符号の説明】

A … 半導体装置	B … 化合物半導体基板	1 … P i n P D
2 … 端子電極	3 … 突起電極	4 … 導電性接着剤
5 … 封止樹脂	6 … 入出力電極	7 … 回路基板
8 … 導光用光ファイバ	9 … 接着剤	1 0 … 半田
1 3 … 装着孔	1 4 … 接続部	1 6 … 装着補助板
1 9 … 位置決めブロック		

【書類名】 図面

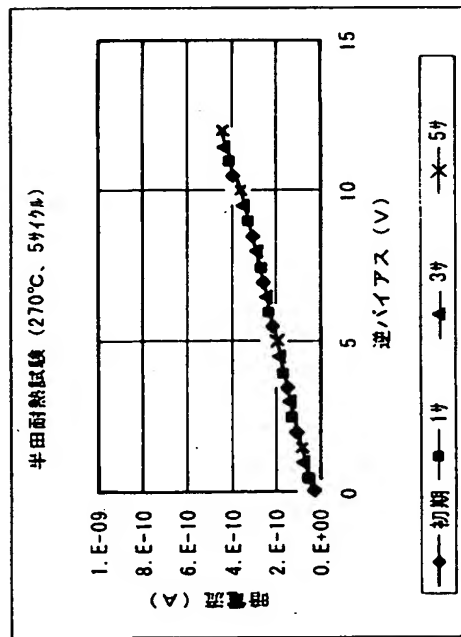
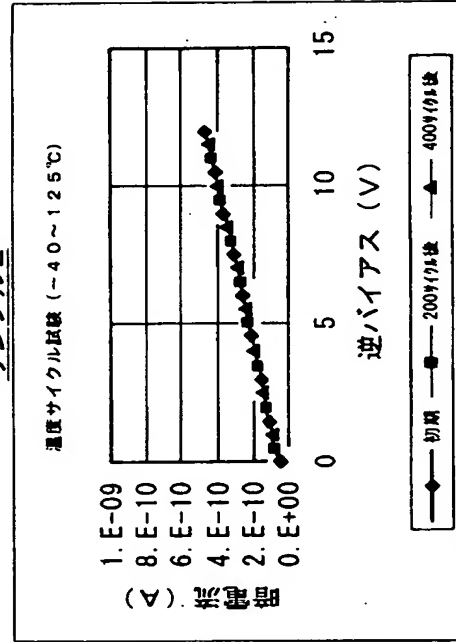
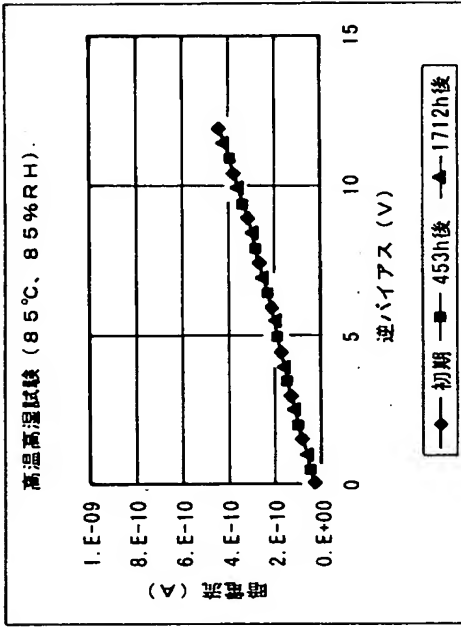
【図 1】



【図 2】

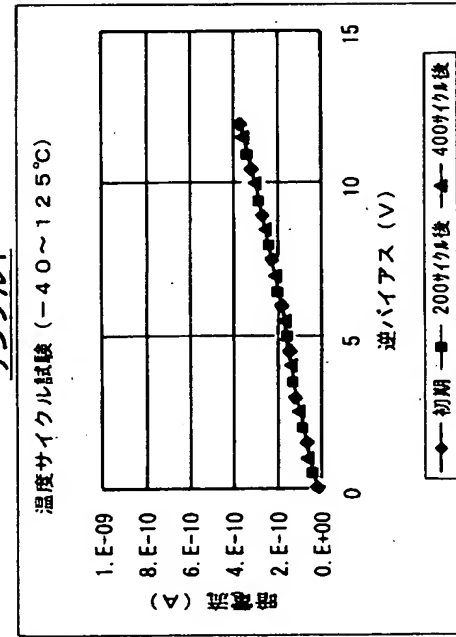
● 高温高湿試験(85℃、85%RH)

● 半田耐熱試験(270℃、5サイクル)

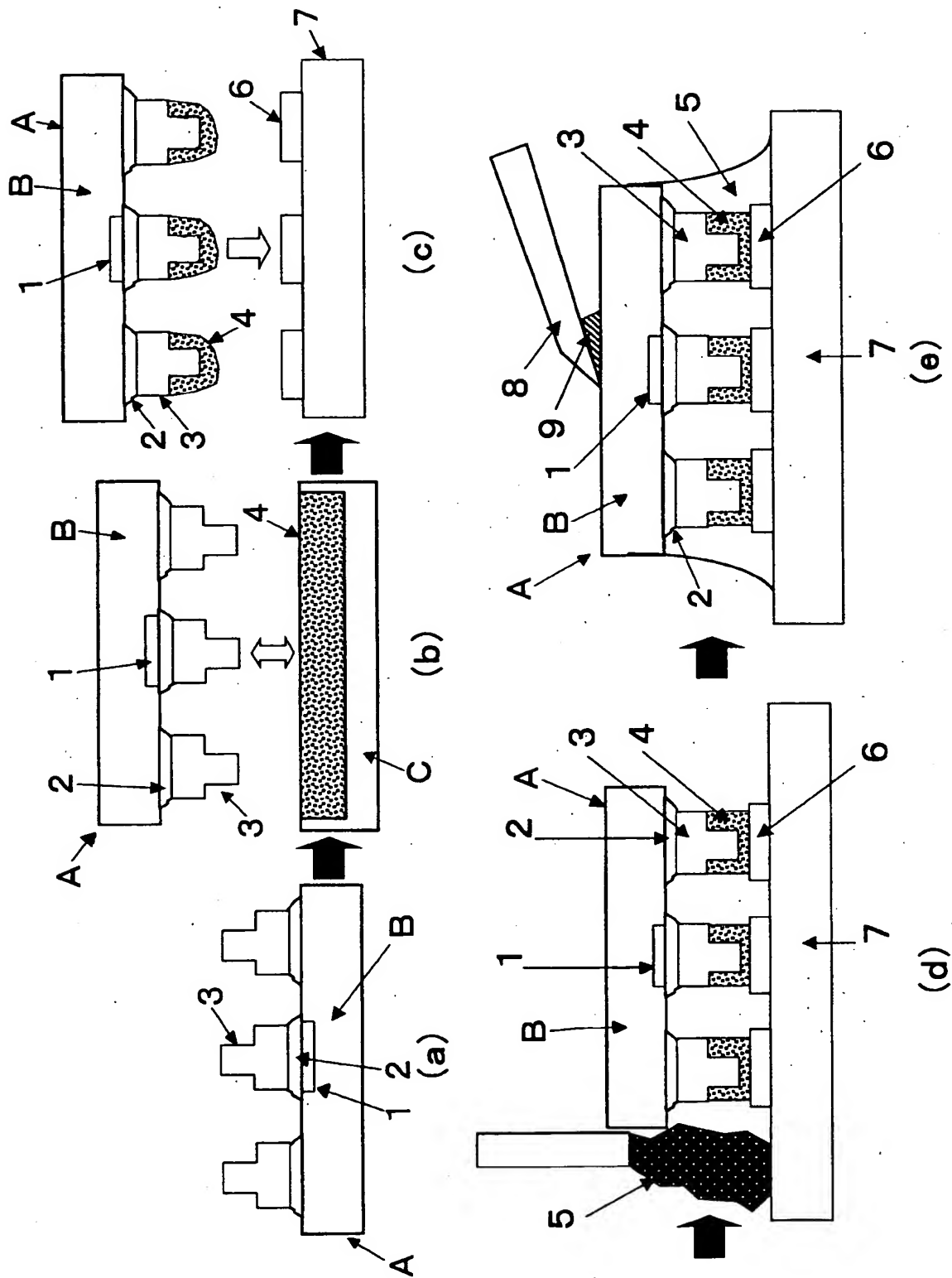


温度サイクル試験(-40~125℃)

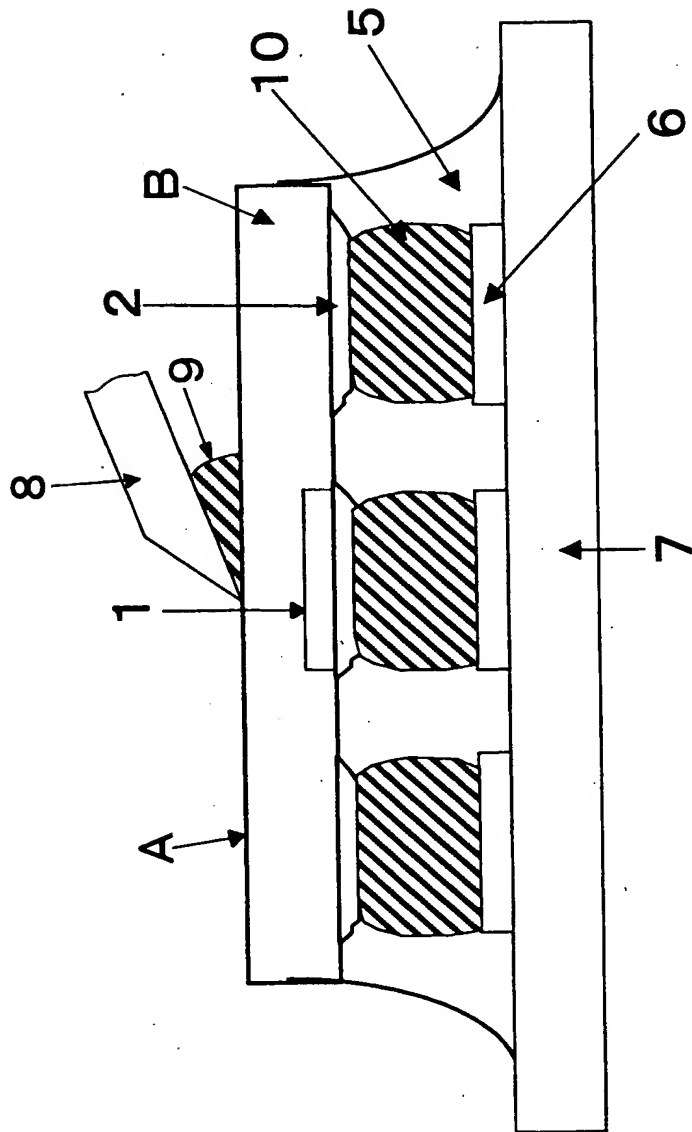
サンプル1



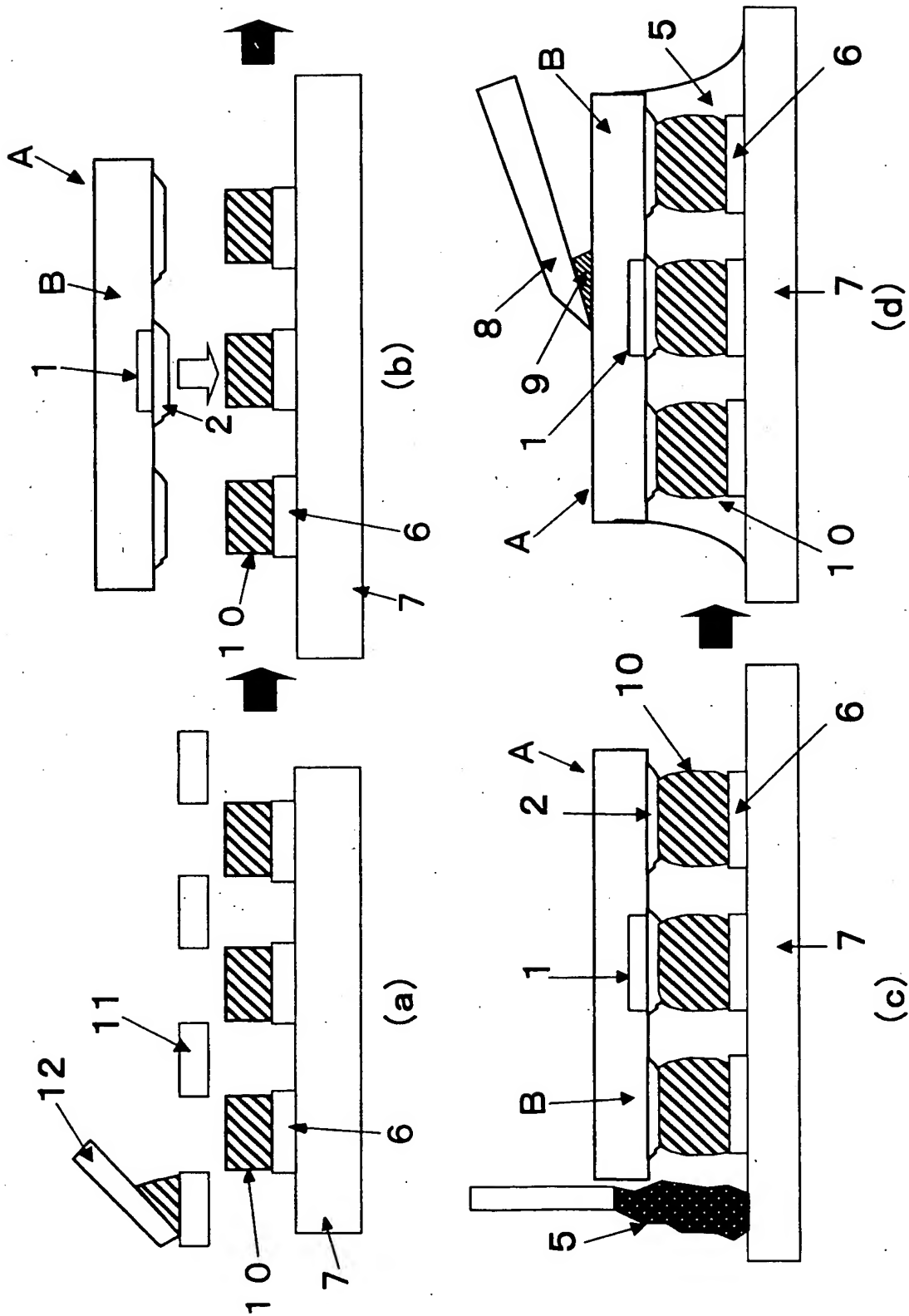
【図3】



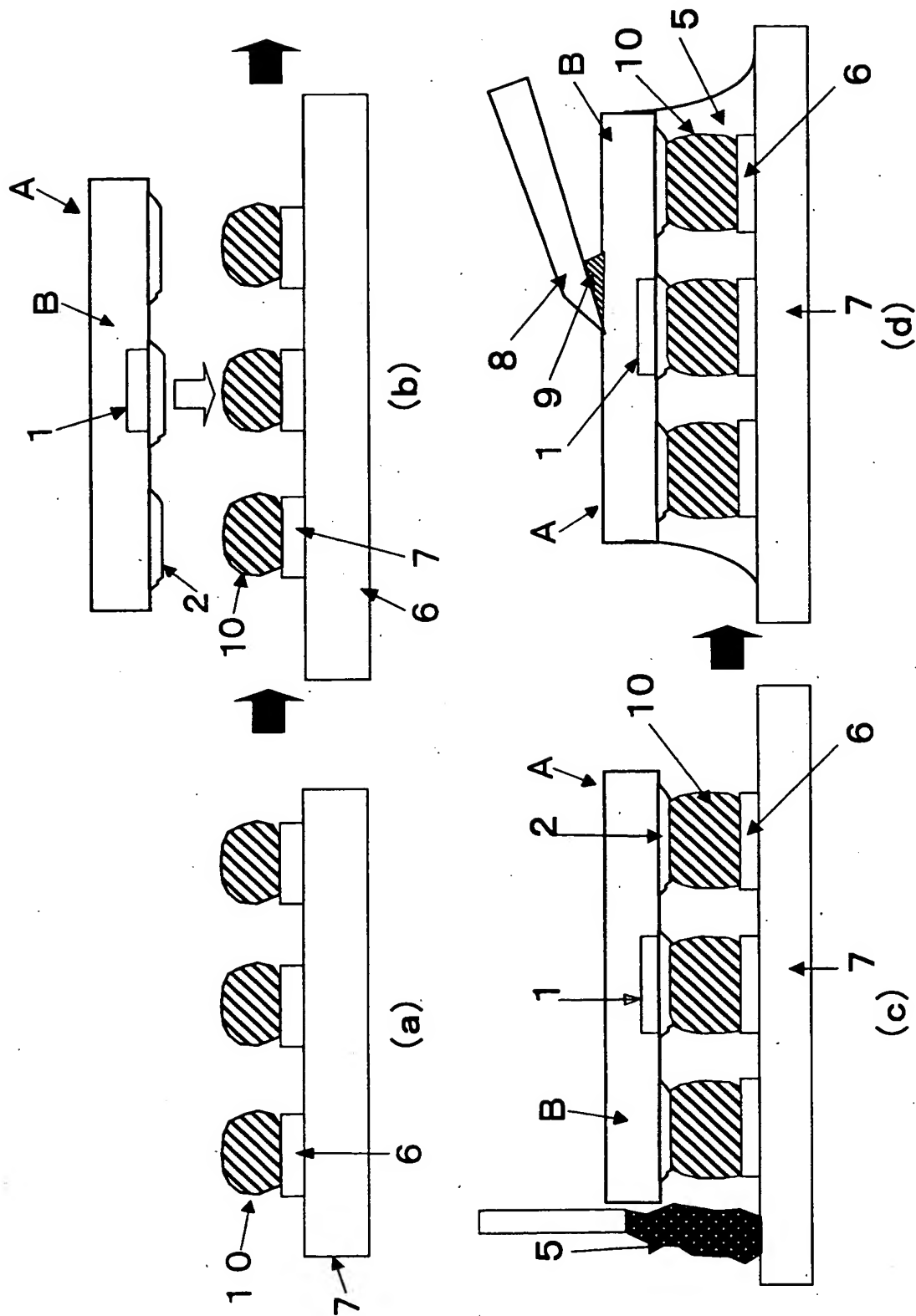
【図 4】



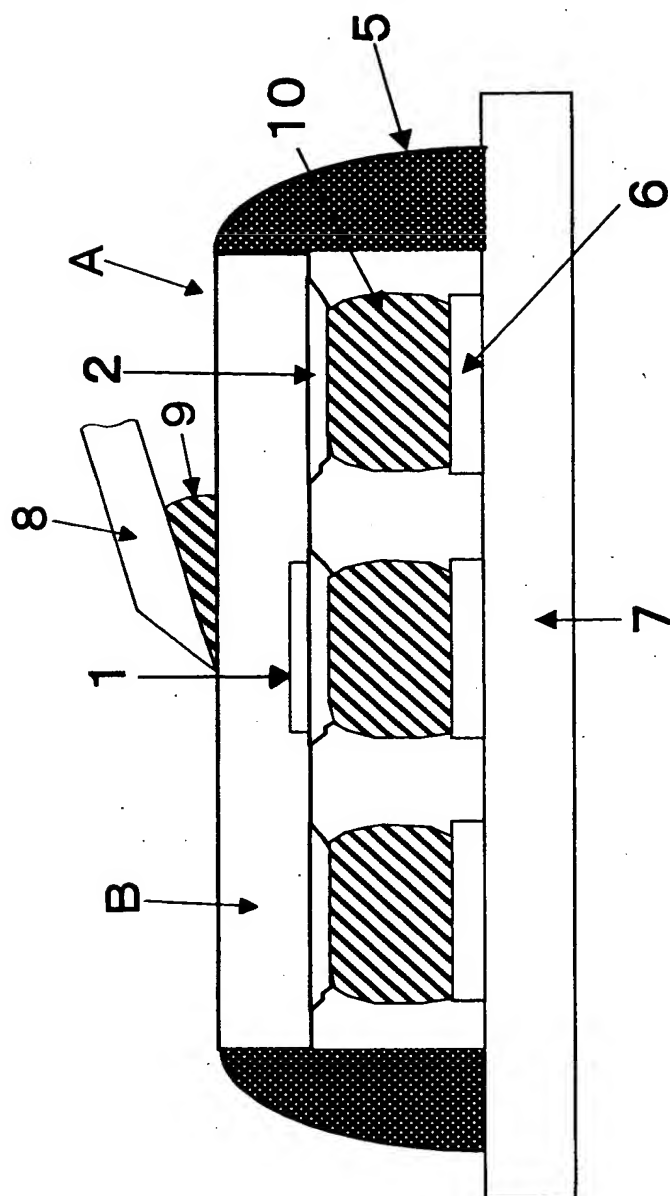
【図5】



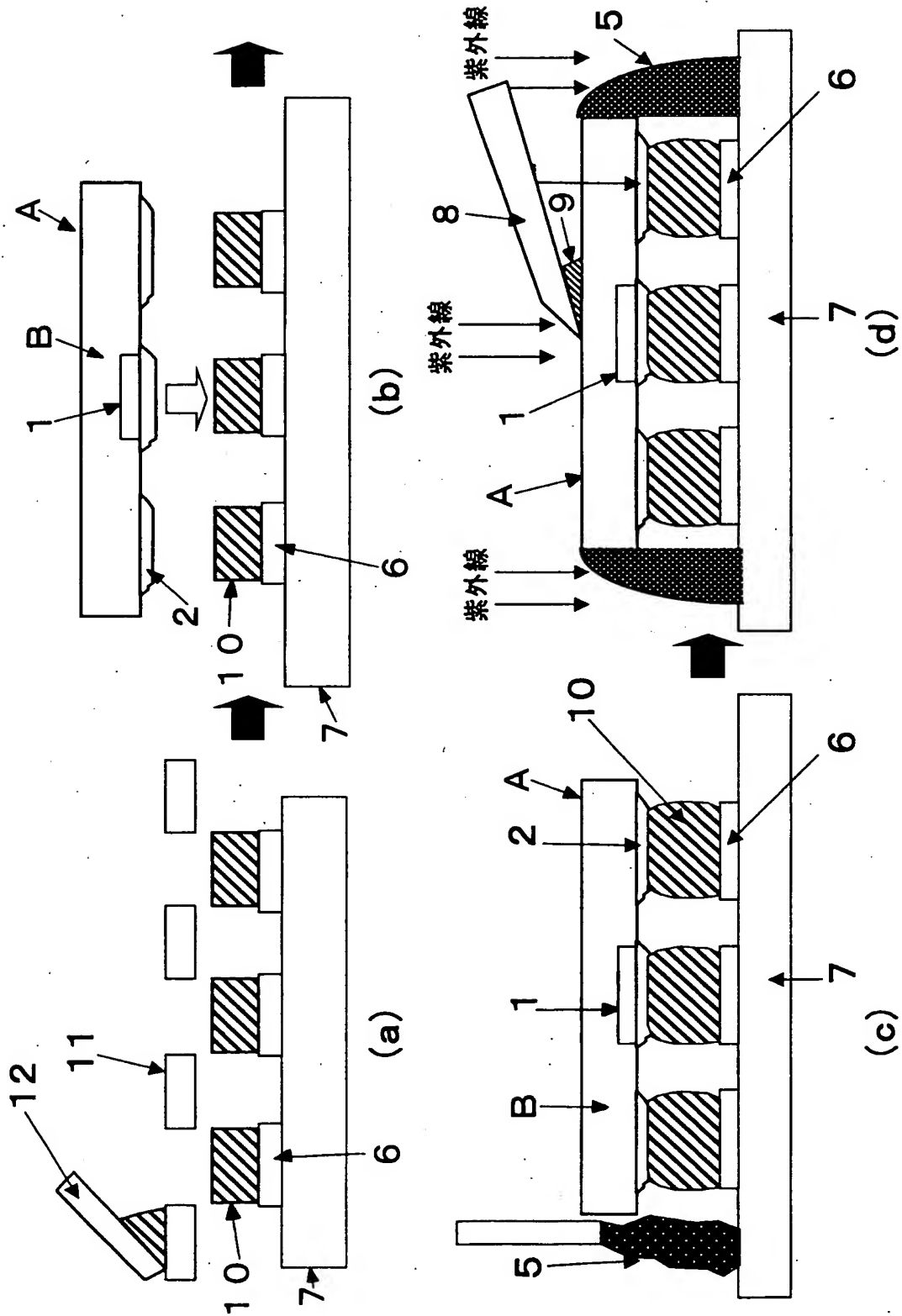
【図 6】



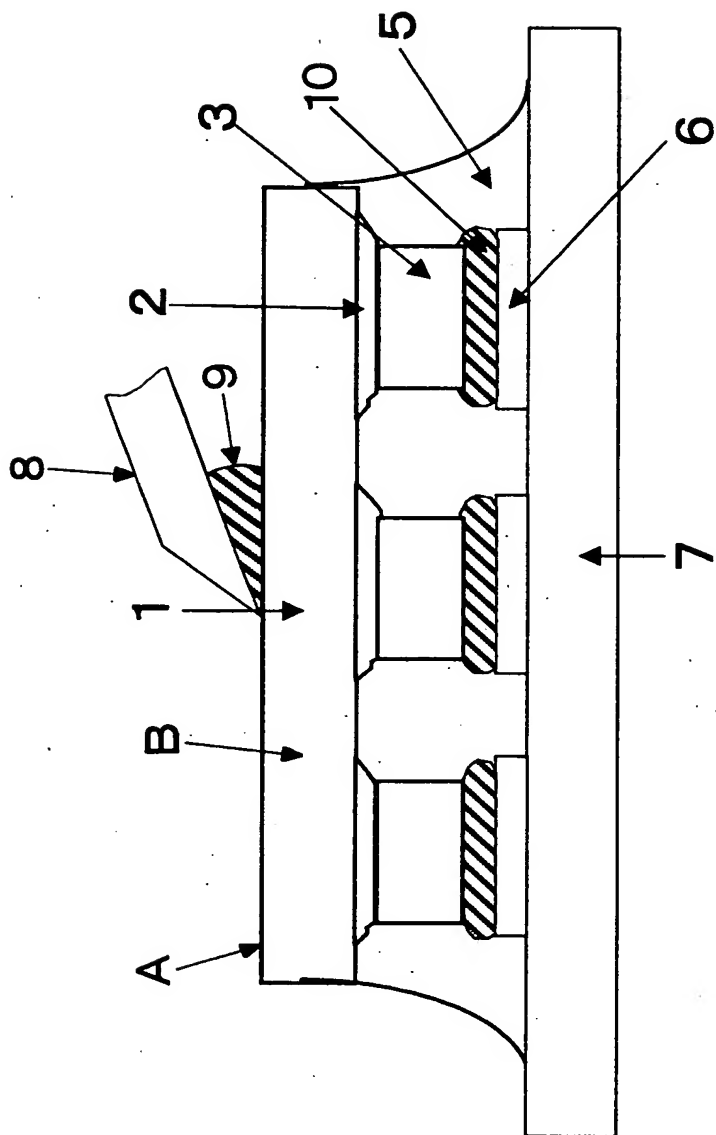
【図 7】



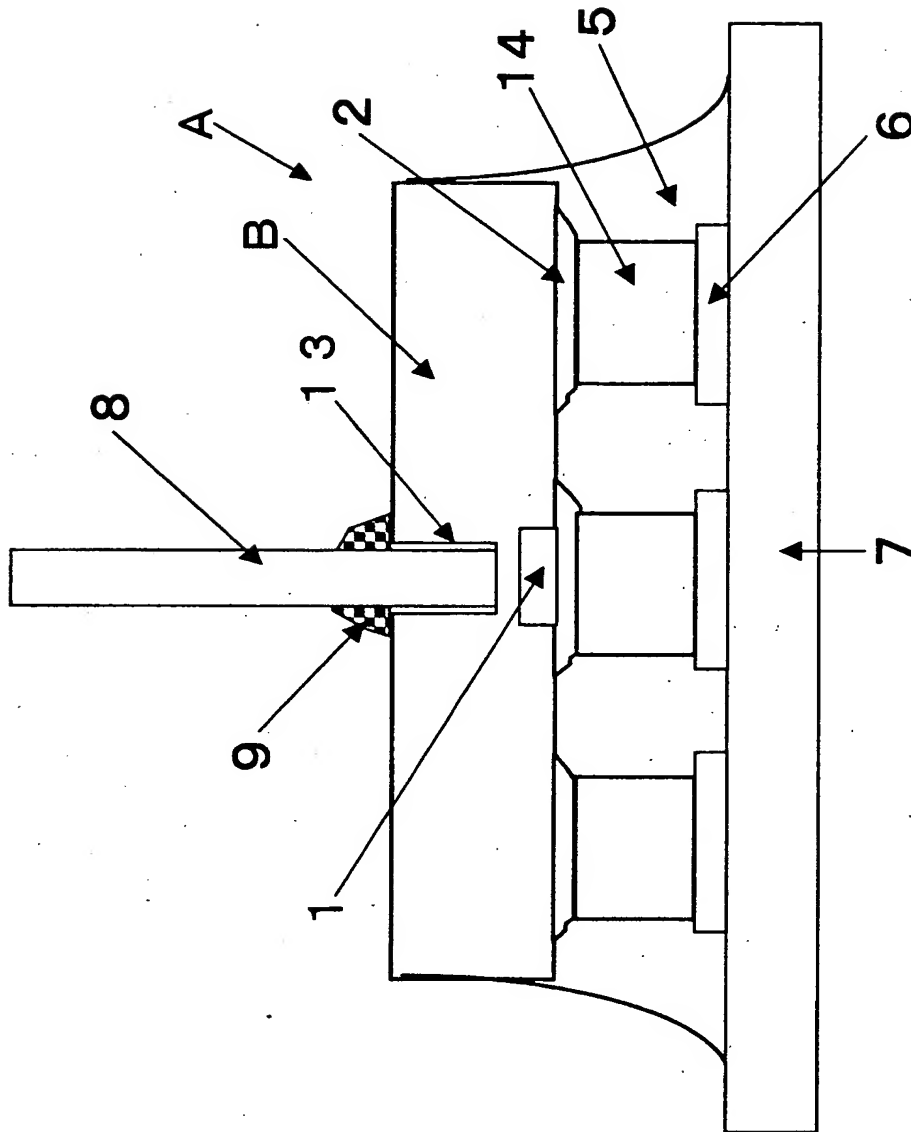
【図 8】



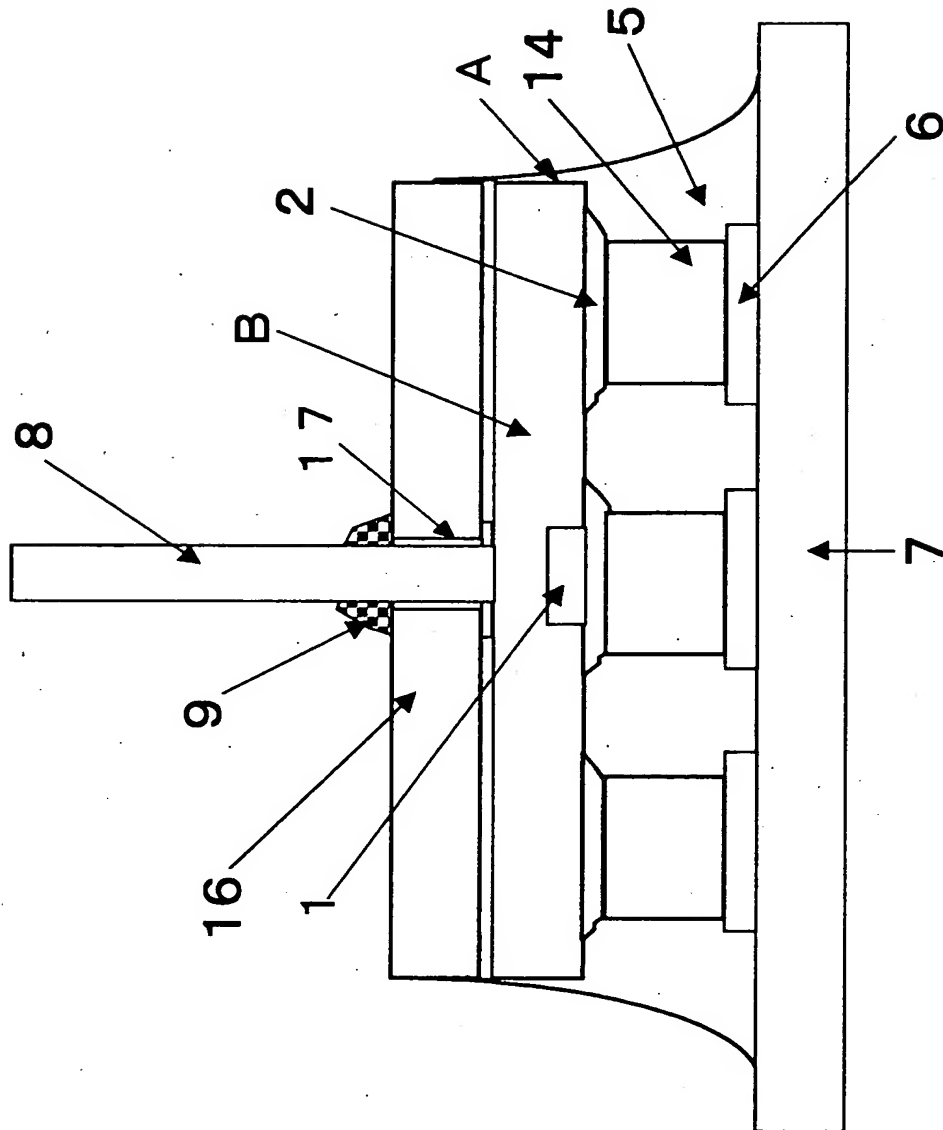
【図9】



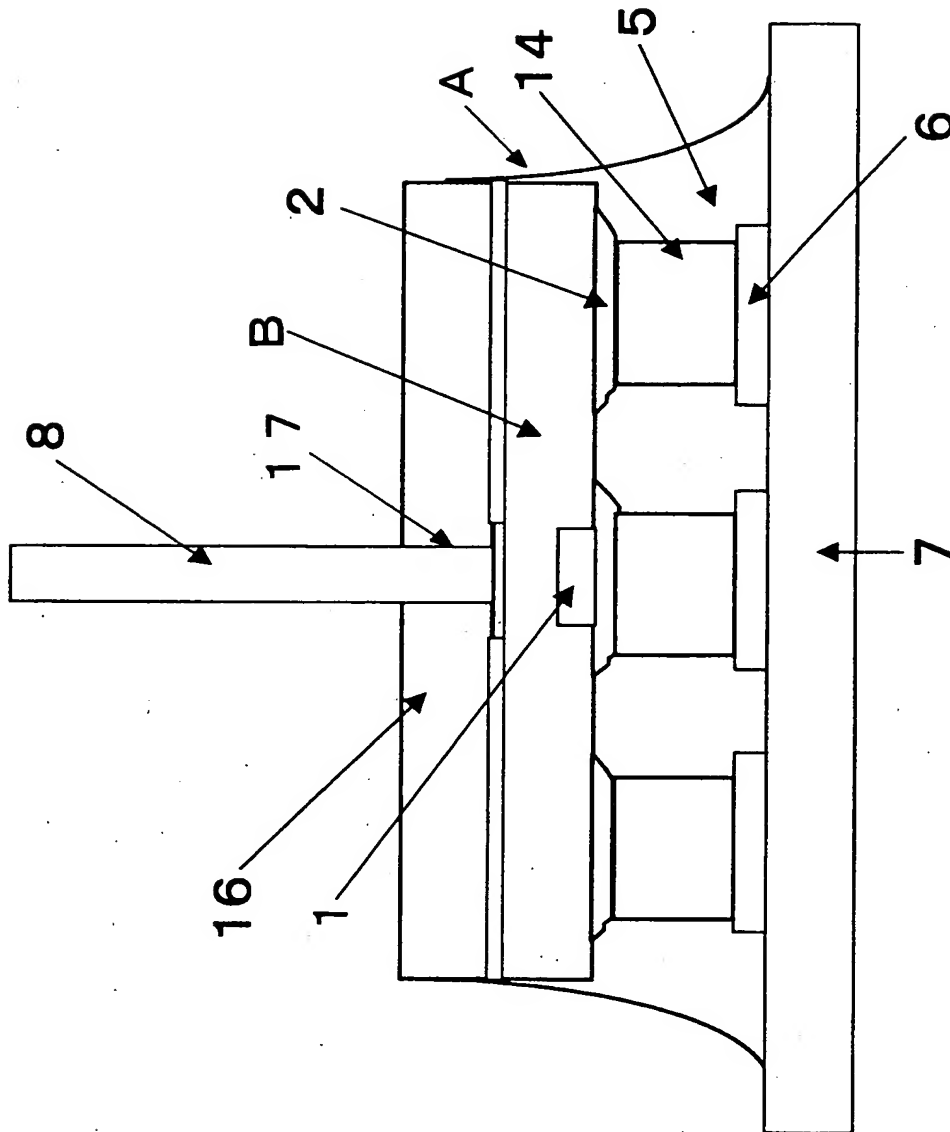
【図10】



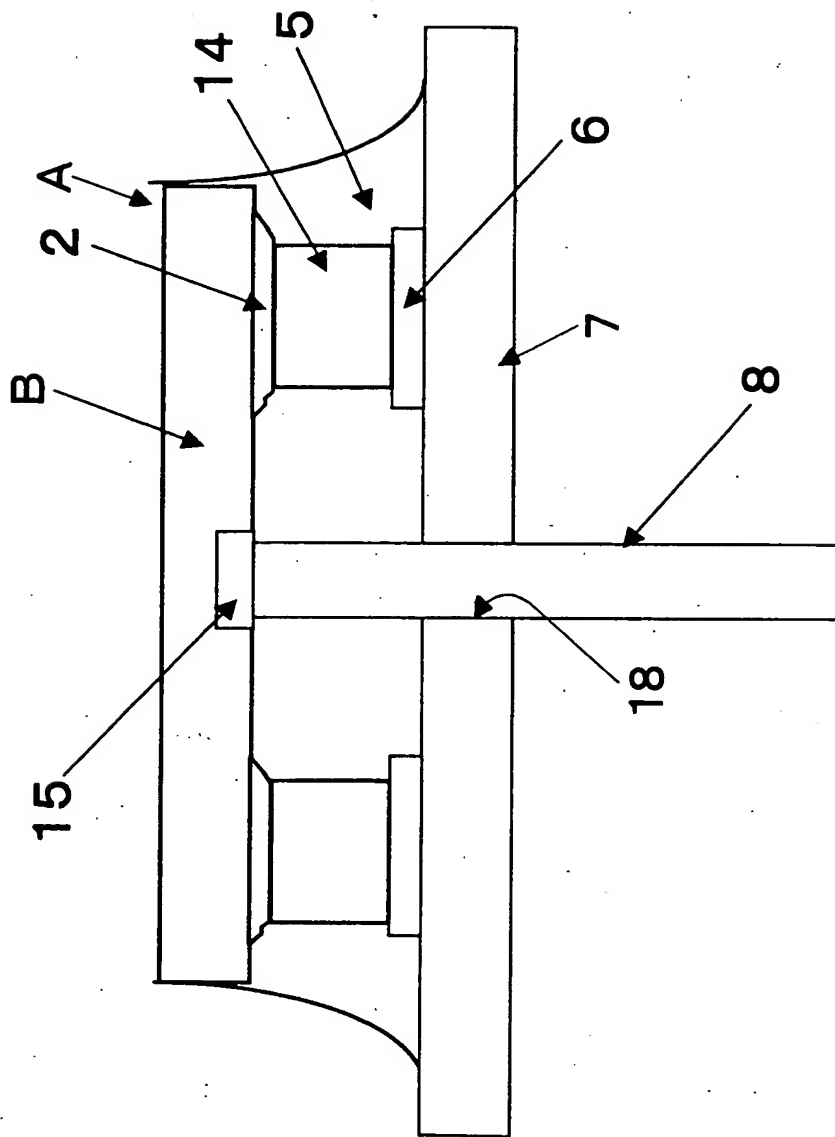
【図 1-1】



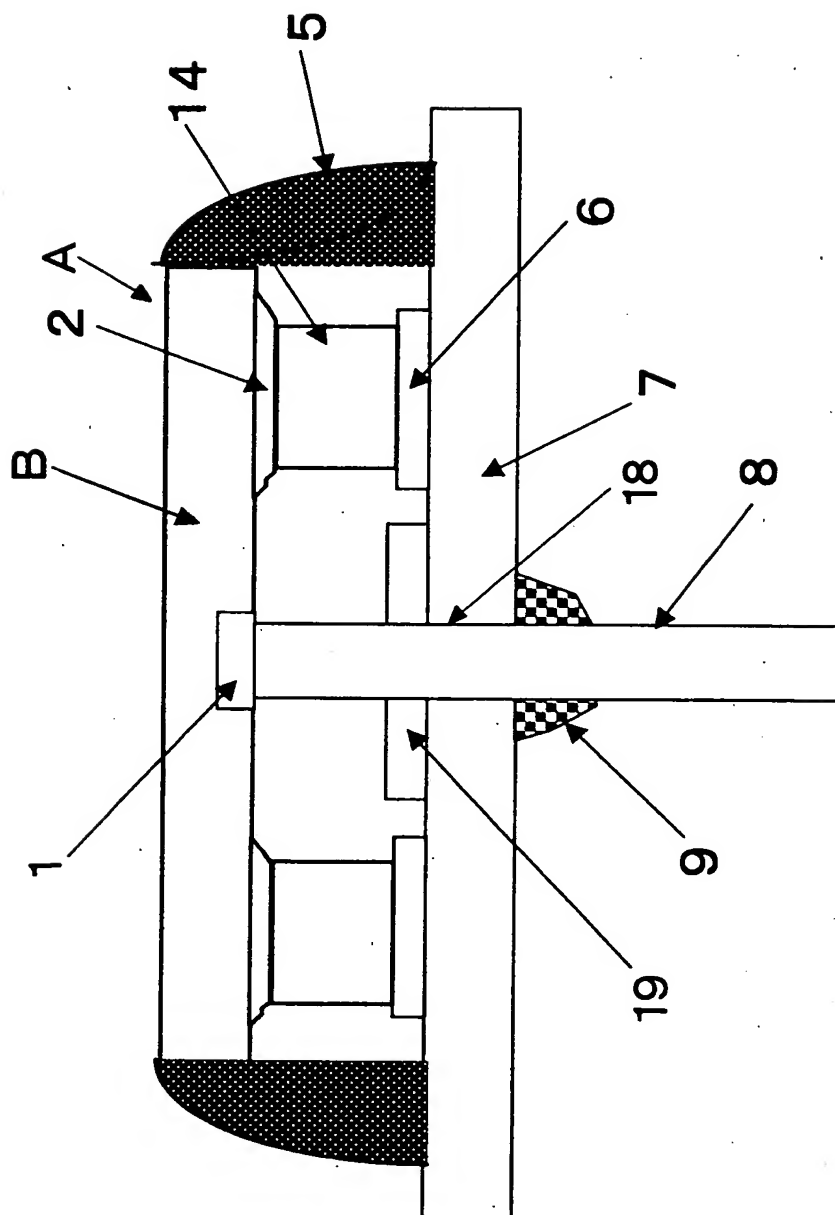
【図 12】



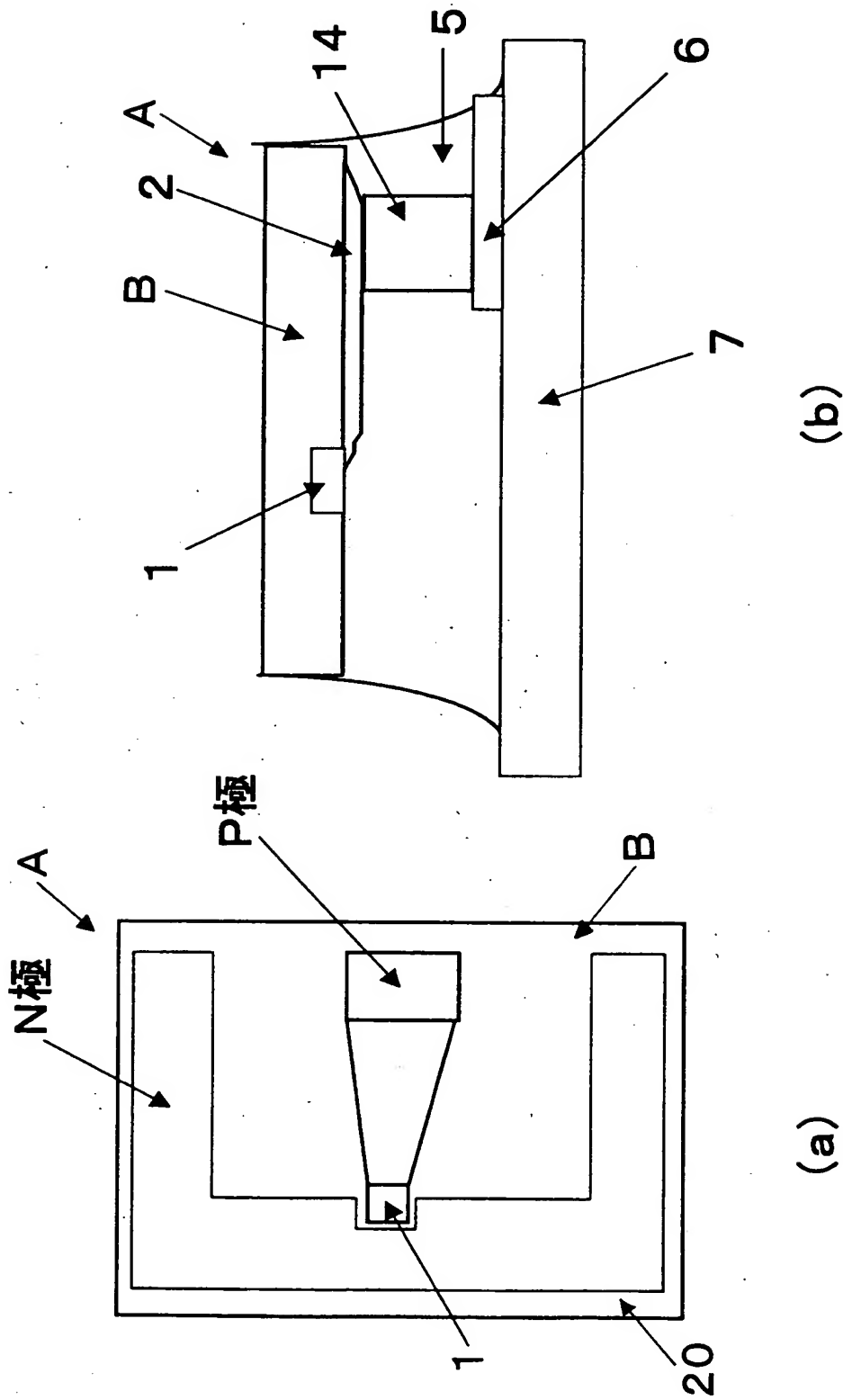
【図 13】



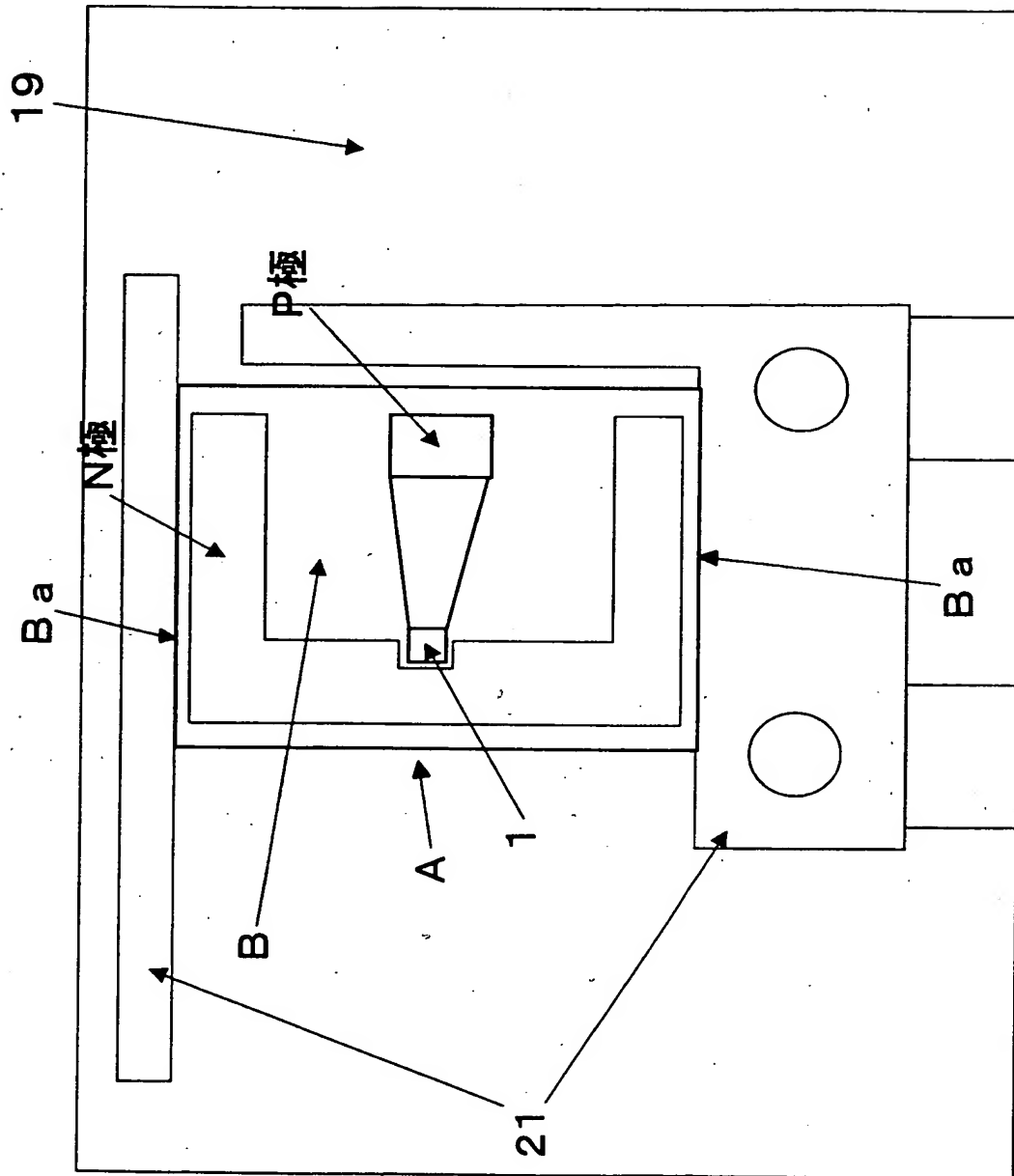
【図14】



【図15】



【図16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 気密封止せずに特性や信頼性を確保した P i n フォトダイオードを有する半導体装置の実装構造の提供。

【解決手段】 P i n フォトダイオード 1 を有する化合物半導体基板 B の一方面に設けられた端子電極 2 を、突起電極 3 と、導電性接着剤 4 または半田 1 0 とを介して回路基板 7 の入出力電極 6 に接続し、さらに端子電極 2 と入出力電極 6 との間の接続部の周囲を封止樹脂 5 で封止する。これにより、回路基板 7 に対して化合物半導体基板 B を短い配線距離で接続することと、簡単な構成で実装構造を封止することを可能とする。

【選択図】 図 1

特2001-011165

認定・付加情報

特許出願の番号	特願2001-011165
受付番号	50100069898
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成13年 1月23日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成13年 1月19日
-------	-------------

次頁無

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005821]

1. 変更年月日 1990年 8月28日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真1006番地
氏 名 松下電器産業株式会社